

大都市近郊養豚における食品資源循環技術の開発に関する研究

矢 後 啓 司 (財団法人 畜産生物科学安全研究所)

Yago, K. (2005) Development of food waste recycled technology in an urban pig-industry.

Proc. Jpn. Pig Vet. Soc. 47, 1-4

はじめに

このたび、日本豚病研究会の名誉ある藤崎優次郎賞を受賞し、真に感激しております。またこの受賞は食品廃棄物（食品循環資源）の飼料化に携わってきた多くの畜産関係者やこれまでに一緒になって取り組んできた異業種の技術者と共に喜びたいと思います。

私は家畜衛生試験場（現動物衛生研究所）で開始された昭和45年度(1970)ウイルス長期研修の一期生として神奈川県から派遣され、藤崎先生のウイルス第二研究室で研修を受けました。研究室ではウイルスの実験手法はもとより、日本脳炎やゲタウイルスの疫学及び家畜衛生の展望についても学び、研修の終了時には家畜防疫員の重責を痛感した一人です。以来30数年畜産振興を図りながら家畜防疫に従事して参りましたが、昭和59(1984)年から県下に発生した豚のオーエスキー病と2010年から開始される農産物の自由化に向けての情報は養豚の経営者に異様な動揺と失望を招き、殆どの養豚農場で養豚の将来に不安を抱いておりました。そんな中で良く耳にしたのが残飯養豚の復活でした。この言葉は我々家畜防疫員にとって少なからず、過去に発生した豚コレラを連想させたものです。この潜在的な危機感が安心して使える安全な食品循環資源の飼料化研究へ着手させた切っ掛けになったように思えます。

食品循環資源の飼料化は養豚産業に携わっている関係者だけで推進できるものではありません。食品事業所、スーパー、コンビニ、学校等の排出先やこれら廃棄物の処理業者、行政機関の関与も必要であります。つまり、異業種の協力なくして食品循環資源の飼料化は不可能なのです。平成5年より開始した飼料化研究は、今や、時代の要求に沿って全国で展開されています。これから先、飼料化する技術や食品循環資源から作り出される養豚飼料も一層改良されると思いますが、今までに私達が取り組んできた飼料化法の中から得られている情報をここで紹介いたします。

食品残渣の飼料化に向けての事前調査

食品循環資源の飼料化に当たって、まず第一に知っ

て置かなければならないポイントが食品業種別に出される循環資源の種類であります。食品製造業、食品流通業、ホテルや一般飲食店等の飲食業、社員食堂及び病院等によって、提供される食品循環資源はまちまちでありますから、食品の種類、数量など大まかに把握しておく必要があります。横浜市の調査例では、ケーキ製造業でケーキくず、シューマイ製造業で戻り品、スーパーで野菜くず、コンビニで賞味期限切れ弁当、ホテルで調理くずと残飯、飲食店や社員食堂では残飯が主流となっていました。この事業所別の排出物の傾向こそが後で紹介する食品循環資源の飼料化レシピを作成する際に非常に役立ちます。

次に、循環資源の中には、必ずと言ってよいほどに異物が混入しています（表1）¹⁾。これらの異物は飼料を作製する上で乾燥効率を低下したり、機械への負荷が大きくなる不具合を生じますし、物によっては飼料の嗜好性に影響しますから、出来る限り取り除いて置かなければなりません。そのために調査した結果を踏まえ、事前に排出事業所や回収業者の方々に「最終処分の意義と豚のエサについてなど」よく説明、指導しておく必要があります。こうすることによって、異物の混入は著しく減少させることができます。

表1 食品循環資源に含まれている異物¹⁾

(単位：%)

楊枝	16.3	ティッシュ	6.1	紙くず	4.8	砂糖袋	4.4
ラップ	9.7	プラスチック片	5.7	骨	4.4	その他	33.3
プラスチック袋	6.1	スポンジ	4.8	薬袋	4.4		

このように食品循環資源その物が人間それぞれの日常生活の中から産出されるものであることから、種々雑多な素材が収集されるように思われますが、家庭残飯と違って意外に単一の素材が多く、混合物が意外に少ない傾向がお解りになると思います。

食品循環資源の飼料化法

食品循環資源を利用した飼料化法は、大きく分けて三つの方式が行われています。その第一として液状化方式（リキッド方式）があります。この方式は1980年

頃から北米で始められた給餌システムで、配合飼料や食品循環資源に水を混合して水分含量を75~80%とし、パイプ圧送で畜舎の飼槽へ送り、肥育豚に給与する方式です。

第二として、単純乾燥方式があります。この方式は国内で広く採用されており、食品循環資源を混合しながら加熱乾燥して飼料化します。ジェットバーナー方式、真空乾燥方式および電子レンジ方式等が知られています。

第三として発酵乾燥方式があります。この方式は豚に無害とされる菌を人為的に加えるか、或いは自然の発酵を促して、乾燥効率を上げると共に、給与豚への嗜好性を改善するために行われています。

以上のように食品循環資源の飼料化には三方式を基本として、今や、沢山の機種が考案されています。詳細については各メーカーの取り扱い説明書をご利用いただくこととし、本稿では省略させていただきます。

食品循環資源飼料の栄養と豚の嗜好

食品循環資源の素材はもともと人間の食料として生産され、場合によって加工、調理されたものであり、沢山の栄養素²⁾を豊富に含んでいます(表2)。

これらの素材を上手に組み合わせ、飼料化することにより、豚の発育に必要な栄養素を充足することが可能となります。沖縄県のNPO法人「エコ・ビジョン沖縄」が行っている食品循環資源の混合基準のレシピ³⁾は表3のようになっています。

食品循環資源は毎日同じものが回収されませんので、そのことを想定して栄養総量が同じで混合比率が異なる何通りかのレシピを準備して置く必要もあります。循環資源の種類と搬入されるおおよその重量が判れば、基準となっている混合表から素材を調整し、乾燥機に投入します。この際、混合素材に多量の水分を含んでおきますと、乾燥するのに時間を要し、経済的でありませんから、予め水分を取り除くような方法や手段を工夫することが重要となります。

表2 食品素材の化学組成²⁾

	(水分以外は乾物中%)								
	水分	粗蛋白質	粗脂肪	炭水化物	カルシウム	リン	リジン	メチオニン	食塩
野菜	92.7	18.3	3.8	66.5	0.42	0.46	1.00	0.24	-
ごはん	60.0	6.3	0.8	92.8	0.0008	0.09	0.63	0.43	-
パン	38.0	15.0	7.1	75.3	0.05	0.13	0.35	0.24	-
麺類	68.3	13.1	2.0	83.6	0.03	0.10	0.58	0.44	2.6
魚類	66.0	68.7	26.7	1.1	0.06	0.73	5.95	2.09	0.7
肉類	64.3	61.4	34.6	0.6	0.01	0.53	4.87	1.53	0.3
大豆製品	63.8	41.9	41.3	12.0	0.57	0.60	2.92	0.66	0.4
おから	75.5	24.9	14.6	56.3	0.33	0.40	0.13	0.33	-

表3 くいまーる飼料のレシピ³⁾

	肥育前期用(50~80kg)		肥育後期用(80~120kg)	
レシピ	米飯+弁当	20%	米飯+弁当	40%
	パン+麺類	30%	パン+麺類	30%
	野菜くず	10%	野菜くず	20%
	ふすま	5%	おから	10%
	おから	10%		
	魚腸骨	25%		
	栄養価	粗蛋白質	20.6%	粗蛋白質
推計値	粗脂肪	6.6%	粗脂肪	4.3%
	炭水化物	69.1%	炭水化物	78.6%

余分の水分を取り除き、素材をレシピに沿って調整し、乾燥機で乾燥しますと通常黄褐色から褐色の乾燥物が得られ、豚の発育に必要な栄養素⁴⁾を満たしています(表4)。これらを養豚飼料として利用することになります。

このようにして作製された食品循環資源飼料を育成豚や肥育豚に給与しますと、通常は問題なく採食しますが、時によって豚の飼料消費量に差が現れることもあります。この差が現れる原因を明らかにするため、製造ロットごとに分析して見ますと、どうやら飼料に含まれている水分や油分と香気にあると思われました。研究に着手した当初の目標の一つとして、食品循環資

表4 食品循環資源飼料の栄養価

	(単位%)				
乾燥法	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗繊維	粗灰分
発酵乾燥	10.9	21.8	16.3	6.6	6.1
	9.7	23.1	12.4	13.6	4.8
	11.9	13.3	2.0	5.2	3.9
加熱乾燥	33.3	22.8	14.6	2.4	4.8
	18.3	25.3	10.5	1.5	4.5
	27.0	14.1	8.9	3.2	4.5
ボイル乾燥	3.1	15.6	2.8	30.8	7.1
	4.2	16.4	1.6	29.6	7.2
	9.7	17.6	3.5	15.6	5.8

源飼料の保存性を良くするため、水分含量を10%前後と考えておりましたが、この水分含量は豚に好まれず、20~30%前後の水分含量で好結果を得ており、飼料消費量が大幅に改善されました。

第二番目に、食品循環資源飼料に含まれる粗脂肪量が上げられます。市販飼料の粗脂肪含量は5ないし6%と分析されますが、食品循環資源飼料ではこの量の3倍から時によって4倍にもなることがあります。ですから、油類を多く含んでいる素材の調整が必要となっており、そのため製造の工程で油分を取り除く装置を組み入れるか、あるいは使い方、例えばサプリメントのような利用の仕方もあり、利用方法は嗜好に合わせて行う必要性も生じます。

第三番目に香りがあります。豚の嗅覚は意外に鋭く、製造の課程で加熱し過ぎの「お焦げ」臭、酸化の進んだ油脂臭などを嫌いますので、出来るだけこれらを避けるように努めます。私達が行っている香気対策の一例として、新鮮な豆腐かす（オカラ）に乳酸菌を増やし、食品循環資源飼料の完成時に混合してやります。すると、豚は乳酸発酵臭を大変好むようで、採食量が著しく改善されました。

食品循環資源飼料の安全性

食品循環資源飼料の素材となっている米飯類やパン屑は真菌に格好な栄養源を豊富に含んでいるため、条件次第で容易に発育し、増殖します。食品は加工調理されるまで充分に行き届いた衛生環境下にありますが、これらが一旦廃棄物になると、無用のゴミとして処理されるため、衛生的な環境から逸脱した場所に保管されるケースが見られます。そのため、放置された廃棄物には自生の真菌や日常の生活環境のもとで付着する真菌の汚染を受け易く、増殖している可能性も予想されます。そこで、一例として、嫌気発酵させた後に80℃の加熱乾燥して得られた食品循環資源飼料を用いて、含まれる真菌の数や種類を調べて見ますと、表5のとおりとなりました。食品循環資源飼料Rについては、1gあたり平均200個検出されましたが、対照の配合飼料の5,012個より明らかに少ない数値でした。また、菌種については一般の流通飼料で散見される *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* 及び *Mucor* 類は全く発育せず、無害とされる *Monascus* のみが検出されました²⁾。この調査成績から食品循環資源飼料に含まれる真菌叢は穀類中心の流通飼料と明らかに異なっ

表5 排出先別食品循環資源飼料の真菌数²⁾

	飼料 C	飼料 R	飼料 S	対照飼料
供試数(バッチ)	4	4	4	3
真菌数(log/g)	<1.0	2.3	<1.0	3.7

ていることを示していました。

次に、食品循環資源飼料に含まれる細菌について調べてみますと、グラム陽性桿菌の *Bacillus* と *Clostridium* 等が検出され²⁾、その菌数は対照飼料よりも多くなっていました(表6)

両菌はいずれも有芽胞菌であるため、80℃という高熱に耐えたものと思われれます。*Bacillus* は通性嫌気性菌で好気及び嫌気的环境下でも増殖するとされています。しかし、嫌気条件に曝すと、その増殖が著しく抑制されるようです。また *Clostridium* は嫌気条件のもとで良く増殖するものの、好気的条件下に曝すと全く増殖しない特性を持っています。さらに両菌種は pH の影響を受けやすく、pH が下がるにつれて増殖も抑制されます。以上のことから食品循環資源飼料は成る可く早めに給与するように努め、或いは乳酸菌等を加えて pH を下げておく工夫も必要になります。

食品循環資源飼料に含まれている鉛、カドミウム、水銀、砒素及び食塩の濃度を調べたのが表7です。いずれも鉛、カドミウム、水銀、砒素については指導基準⁴⁾以下の分析値であり、これまでに製造方法別あるいは製造ロット別に数多く抽出検査を実施しましたが、いずれも基準値を超えるものはありませんでした。一方、食塩濃度については平均して2%前後含まれており、この値は養豚配合飼料の約2倍含んでいることとなります。給与飼料のナトリウム、カリウムおよび塩素の関係についてはカリウムと塩素の含有比率が豚の発育に影響があるとされ、とくにカリウム量が少なく、塩素量が多くなると発育が抑制される報告⁵⁾もありま

表6 食品循環資源飼料に含まれている細菌数²⁾

(単位: log/g)

	試験飼料 I	試験飼料 II	試験飼料 III	対照飼料
好気性細菌	6.6	5.5	4.3	5.1
嫌気性細菌	6.4	4.9	4.4	4.1
連鎖状球菌	4.4	<1.0	<1.0	2.5
大腸菌	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
グラム陰性桿菌	<1.0	<1.0	<1.0	4.0
乳酸菌	<1.0	<1.0	<1.0	2.6
パチス	5.0	5.3	4.2	4.4
クロストリジア	4.8	4.9	3.5	2.9

製造方式: 嫌気発酵乾燥

表7 食品循環資源飼料に含まれている有害物質と食塩濃度²⁾

	基準値	試験飼料Ⅰ	試験飼料Ⅱ	試験飼料Ⅲ
鉛(ppm)	3.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
カドミウム(ppm)	1.0	< 0.1	< 0.1	< 0.1
水銀(ppm)	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1
砒素(ppm)	2.0	< 0.2	< 0.2	< 0.2
食塩(%)	0.8	2.1	2.1	2.0

製造方式：嫌気発酵乾燥

すから、注意しなければなりません。

食品循環資源飼料給与豚の肉質

食品循環資源飼料を給与されて得られる豚肉には大きく分けて二種類あります。そのうちの一つは穀類や粕類中心の流通飼料に食品循環資源飼料を10~30%程度加えて飼養されて得られる肉です。これは枝肉の規格を重視した最も一般的に行われている方式です。この理由は表8でお示しましたように、食品循環資源飼料に含まれている不飽和脂肪酸量が多いため、枝肉のシマリが悪くなって、肉質の評価が下がるのを避けるためです。

もう一つは食品循環資源飼料そのものを100%給与する方式です。この方式は現在一部の養豚農場で試験的に行われているに過ぎません。この養豚農場では食品循環資源飼料を充分給与した豚肉の中には不飽和脂肪酸のリノレン酸やドコサヘキサエン酸(DHA)⁶⁾が一般の流通豚肉の2~3倍多く含んでいることに注目して、機能性物質を含む肉として位置づけており、これが銘柄豚肉になるとして消費拡大を期待しています。

以上これまでに得られた情報をまとめて紹介いたしました。まだまだ解決しなければならない課題も沢山あります。これらについて皆様とともに解決できたらと、密かに願っています。

表8 食品循環資源飼料給与豚肉の脂肪酸組成

(単位：%)

脂肪酸	内層脂肪		腎臓脂肪	
	試験豚	対照豚	試験豚	対照豚
ラリオン酸	0.1	0.1	0.1	0.1
ミリスチン酸	1.5	1.7	1.9	2.0
パルミチン酸	23.2	31.4	22.7	26.5
ステアリン	13.0	12.2	15.8	15.5
パルミトリン酸	3.2	2.8	2.2	2.8
オレイン酸	41.6	38.7	37.8	38.9
リノール酸	14.8	11.6	16.3	12.6
リルン酸	1.9	0.8	2.3	1.1
ドコサヘキサエン酸	0.3	0.1	0.4	0.1

謝辞

今回の受賞にあたり、日本大学の三浦康男先生、動物衛生研究所の村上洋介先生から、誠意ある推薦の労をいただき、この場を借りて心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 横浜市食品循環資源飼料化研究会：食品循環資源(生ごみ)飼料化調査事業報告書(2002)
- 2) 関東経済産業局：食品循環資源の大量・高度リサイクル技術の実用化技術開発成果報告書(2003)
- 3) エコ・ビジョン沖縄：食品循環資源の飼料化装置の実用機器開発と資源循環型畜産システムの構築報告書(2004)
- 4) 農林水産省：飼料の有害物質の指導基準(1988)
- 5) Golz : J. Anim. Sci. 68, 2736-2747, (1990)
- 6) 矢後啓司・青木 稔他. 神奈畜研報, No.89 (2002)